

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# klima

SMÅFLYPLASS I OSLO-OMRÅDET -  
VÆRMESSIG TILGJENGELIGHET

LARS ANDRESEN

RAPPORT NR. 25/93 KLIMA



# DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

TELEFON: 22 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

25/93 KLIMA

DATO

18.6.1993

TITTEL

## SMÅFLYPLASS I OSLO-OMRÅDET - VÆRMESSIG TILGJENGELIGHET

UTARBEIDET AV

LARS ANDRESEN

OPPDRAUGSGIVER

LUFTFARTSVERKET

OPPDRAUGSNR.

SAMMENDRAG

Det er utarbeidet regularitetsestimat for forskjellige småflyplassalternativer i Oslo-området. Det er brukt en modell, der vurderinger av lavlandståke, skyhøydekurver, skjerming av terreng og vegetasjon er av vesentlig betydning for estimatene.

Ved terskelverdier på 800 m rullebanesikt og skyhøyde 250 ft er estimert regularitet for alternativene Vestby, Enebakk B og C, Fet og Nes hhv. 94, 95 og 96%. Det er såvidt stor usikkerhet i estimatene, 2-3%, at forskjellen mellom disse alternativene ikke er helt sikker. Ved terskelverdier på 1500 m rullebanesikt og skyhøyde 500 ft ligger regulariteten på 88-90%. Alternativene Nesodden og Enebakk A har lavere regularitet.

Det er gitt en kortfattet, kvalitativ vurdering av vind- og turbulensforhold.

UNDERSKRIFT

*Lars Andresen*

Lars Andresen

SAKSBEHANDLER

*Bjørn Aune*

Bjørn Aune

FAGSJEF

## SAMMENDRAG

Det er utarbeidet regularitetsestimat for forskjellige småflyplass-alternativer i Oslo-området. Det er brukt en modell, der vurderinger av lavlandståke, skyhøydekurver, skjerming av terreng og vegetasjon er av vesentlig betydning for estimatene.

Resultatene er presentert i tabellen nedenfor:

SMÅFLYPLASS-ALTERNATIV (HØYDE O. H.)	i) rullebanesikt > 800 m skyhøyde > 250 ft	ii) rullebanesikt > 1500 m skyhøyde > 500 ft
Vestby (80 m)	94 %	88 %
Enebakk A (225 m)	92 %	85 %
Enebakk B (175 m)	95 %	90 %
Enebakk C (200 m)	95 %	89 %
Fet (223 m)	96 %	90 %
Nesodden (110 m)	93 %	87 %
Vormsund/Fenstad (160 m)	96 %	89 %
Heberg/Gulltjernmosen (150 m)	96 %	89 %

Den totale usikkerheten for regularitetstype i) er relativt stor, 2-3%. Usikkerheten er vurdert å være minst for alternativene Vestby og Nesodden, størst for Enebakk. For regularitetstype ii) er usikkerheten antagelig litt større enn for type i).

Tabellen viser at samtlige alternativer, med unntak av Enebakk A og Nesodden, har estimert regularitet, type i) lik 94-96%. For type ii) er den estimerte regularitet 88-90%. Til sammenlikning har Rygge og Gardermoen hhv. 95/88% og 96/89%, med en usikkerhet på mindre enn 1%.

Det ser ut til at regulariteten bedrer seg med avstanden fra Oslofjorden og er høyest der lokalt terreng og tett vegetasjon skjerner for lave tåkeskyer og tåke fra nærliggende fuktighetskilder. Men usikkerheten i regularitetsestimatene er såvidt stor at forskjellene mellom Vestby, Enebakk B og C, Fet og Nes ikke er helt sikker.

Fremherskende vindretninger i hele området er sør og sørvest, nord og nordøst. Områder som ligger skjermet mot vind fra sør eller sørvest, vil få nedsatt vindhastighet på bakken. Dette kan gi et vindskjær over flyplassen i vær-situasjoner med sterk vind og derav noe turbulens. Alternativene Enebakk C og Fet vil eventuelt bli mest berørt av dette.

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1. INNLEDNING</b>	Side	1
1.1. Definisjon av sikt.		1
1.2. Forutsetninger for utredningen.		2
<b>2. OMRÅDEBESKRIVELSE</b>		3
2.1. Regional beskrivelse.		3
2.2. Lokal beskrivelse.		3
2.3. Tåke og lave tåkeskyer generelt for området.		8
2.4. Generelle vindforhold.		8
<b>3. VÆRSTASJONER OG DATAGRUNNLAG</b>		9
<b>4. VISUELLE DATA OG REGULARITET</b>		10
4.1. Visuell sikt og rullebanesikt.		10
4.1.1. Gardermoen, Fornebu og Rygge.		10
4.2. Skyhøyde 75 m/150 m over referansenivå.		11
4.2.1. Gardermoen, Fornebu og Rygge.		12
4.2.2. Ås.		14
4.2.3. Egnerfjell.		14
4.2.4. Hobøl.		15
4.3. Betydningen av skjerming fra nærterreng og vegetasjon.		16
<b>5. REGULARITETSESTIMAT FOR SMÅFLYPLASS-ALTERNATIVER</b>		17
5.1. Forutsetningene for regularitetsestimater.		17
5.1.1. Vestby, Nesodden.		17
5.1.2. Enebakk.		18
5.1.3. Fet.		19
5.1.4. Nes.		19
5.2. Usikkerhet.		19
5.3. Konklusjon.		20
<b>6. VIND- OG TURBULENSFORHOLD</b>		21
<b>7. REFERANSER</b>		22
<b>APPENDIKS</b>		
<b>APPENDIKS A. Sikt- og skyhøydestatistikk.</b>		A1
<b>APPENDIKS B. Vindstatistikk.</b>		B1
<b>APPENDIKS C. Regularitetsestimater.</b>		C1

## 1. INNLEDNING

Luftfartsverket (LV) utreder flere alternative plasseringer for en fremtidig småflyplass i Oslo-området. Følgende liste viser aktuelle plasseringer:

i)	Vestby	(rullebanehøyde 80 m o.h./262 ft)
ii)	Enebakk A	(rullebanehøyde 225 m o.h./738 ft)
	Enebakk B	(rullebanehøyde 175 m o.h./574 ft)
	Enebakk C	(rullebanehøyde 200 m o.h./656 ft)
iii)	Fet	(rullebanehøyde 223 m o.h./731 ft)
iv)	Nesodden	(rullebanehøyde 110 m o.h./360 ft)
v)	Vormsund/Fenstad	(rullebanehøyde 160 m o.h./525 ft)
vi)	Heberg/Gulltjernmosen	(rullebanehøyde 150 m o.h./492 ft)

LV har satt krav til 95% regularitet for den nye flyplassen og har ønsket at Det norske meteorologiske institutt (DNMI) utarbeider regularitetsestimat for flyplass-alternativene basert på følgende krav til skyhøyde/sikt:

- i) 250 ft over flyplasshøyde og 800 m rullebanesikt
- ii) 500 ft over flyplasshøyde og 1500 m rullebanesikt

I tillegg er ønsket fremherskende vindretning/vindstyrke og mulige turbulensforhold for hvert av alternativene.

### 1.1. Definisjon av sikt.

I rapporten er brukt ulike siktbegreper, som MVR, MOR, RVR. "Tåke" er også brukt for å unngå det mer tungvinte "meteorologisk sikt under 1000 m". Følgende definisjoner gjelder for rapporten:

**MVR:** Meteorologisk visuell sikt (Meteorological Visual Range) eller horisontal synsvidde.

**MOR:** Meteorologisk optisk rekkevidde (Meteorological Optical Range). MVR/MOR har vist seg å være 1.3-1.5 i dagslys, ca 2 i mørke. MOR kan observeres instrumentelt.

**RVR:** Visuell rullebanesikt (Runway Visual Range). RVR observeres ved å telle rullebanelys med kjent innbyrdes avstand. For RVR=800-1500 m er RVR/MOR=1.8-1.1 i dagslys/ 3.5-3.0 i mørke (ligning 4.1). I rapporten settes RVR=800 m lik MVR=500 m og RVR=1500 m lik MVR=1000 m (se kap.4.1 og 5.2).

**Tåke:** MVR < 1000 m, når den reduserte sikten ikke skyldes nedbør.

## 1.2. Forutsetninger for utredningen.

Det eksisterer ikke meteorologiske data for noen av de nevnte lokaliteter. Utredningen bygger derfor på data fra de nærmestliggende meteorologiske målestasjonene. Data fra disse stasjonene vil i større eller mindre grad være representative for de enkelte flyplassområder. En er derfor i stor grad avhengig av meteorologisk skjønn ved bruk av disse data. Dette resulterer i en relativt stor usikkerhet i regularitetsestimaterne.

Utredningen er diskutert med Knut Harstveit. Han har lest gjennom et utkast til rapport og samtykket i metodikken som er brukt. Bjørn Aune har kommet med konstruktive forslag til forbedret lesbarhet av rapporten.

På grunn av manglende datagrunnlag fra flyplass-alternativene, har det ikke vært mulig å gå grundig inn på vindforhold og turbulens.

## 2. OMRÅDEBESKRIVELSE

### 2.1. Regional beskrivelse.

De aktuelle småflyplassområder ligger 45-55 km nordøst, 25 km øst, 25 km sørøst og 25-35 km sør for Oslo sentrum. De utvalgte områder har en høyde over havet på ca 100 m nær Oslofjorden og på ca 200 m sørøst-nordøst for Oslo. Hele området ligger øst for Langfjellene og sør for fjellrekken fra Rondane til Jämtland/Kopparberg. I en sektor VSV-N er området således godt skjermet for lave tåkeskyer som opptrer på stor skala. I en sektor SV-S ligger store deler av området relativt ubeskyttet for lavtliggende skyer, som driver inn fra Kattegat og Skagerrak.

### 2.2. Lokal beskrivelse.

Det er lagt vekt på å få frem eventuell skjerming 1) i forhold til lokale fuktighetskilder (Oslofjorden, Øyeren, Glomma/ Vorma) og 2) i sektor sør-sørvest, som er særlig utsatt for adveksjonståke og lave tåkeskyer. En befaring i området Enebakk-Fet viste tett vegetasjon omkring alle alternativer.

#### Vestby, 80 m o.h., 010-190°.

Det utvalgte området ligger ca 1 km sør for Vestby sentrum, 300 m vest for E-6. Det er 5 km til Oslofjorden i vest (Hvitsten) og 8 km til Oslofjorden i sørsørvest (Son).

Området er noe skjermet mot vest, der en åsrygg går over 100 m. Strålingsbetinget tåke eller lave tåkeskyer i Oslofjorden kan likevel gi tåke på flyplassen med et vinddrag fra vest på grunn av avkjøling av luftmassen fra fjorden til flyplassområdet.

Mot sørvest er det minimal terrengskjerming og lave tåkeskyer vil lett drive inn over flyplassen og gi tåke eller lave tåkeskyer.

#### Enebakk, Alternativ A, 225 m o.h., 010-190°.

Det utvalgte området ligger på vestsiden av åsene Hytteåsen/ Bråteåsen (ca 240 m o.h.), 100 m øst for Langskautjern (192 m o.h.), nord for vannet Langen (128 m o.h.) i en avstand av 600 m. Det er ca 50 km til Oslofjorden i sørsørvest (Kurefjorden) og 13 km til Øyeren.

I en avstand av 6 km er området litt skjermet av høyereliggende terreng i sør: Høgesset-Gaupsteinåsen (231-255/267 m o.h.). En må således regne med litt skjerming mot adveksjonståke.

En svak terrengskjerming mot sør (Bråteåsen) kan sammen med vegetasjonsskjerming, redusere adveksjonståkehyppigheten noe, spesielt i den nordlige delen av flyplassen.

I høyder opp mot 75 m over rullebanenivå er det liten skjerming mot sør og sørvest.

Enebakk. Alternativ B, 175 m o.h., 165-345°.

Det utvalgte området ligger 1 km nord for veikrysset Vik og øst for riksvei 155, sør for Bjerklandshøgda (229 m o.h.), nord for Høgås (195 m o.h.), 1000-1500 m nord for Vågvatnet (128 m o.h.). Det er ca 50 km til Oslofjorden i sørsørvest (Kurefjorden) og 10 km til Øyeren.

I en avstand av 5 km er området skjermet av høyereliggende terreng i sørvest og sør: Høgesset-Gaupesteinåsen-Mjærskogkollen (231-255/267-300 m o.h.). En må således regne med noe mer skjerming mot adveksjonståke enn for alternativ A.

I en høyde av 75 m over flyplassnivå er det fortsatt noe skjerming av terreng og vegetasjon (15 m høy barskog), men skjermingen er svekket. I høyde 150 m er det liten skjerming mot sør og sørvest.

Enebakk. Alternativ C, 200 m o.h., 145-325°.

Det utvalgte området ligger 700-900 m nord for Teigåsen-Gaupesteinåsen, 1300 m sørvest for Langen. Det er ca 45 km til Oslofjorden i sørsørvest (Kurefjorden) og 14 km til Øyeren.

Flyplassen vil ha en betydelig skjerming for adveksjonståke, RVR < 800 m, pga. åsene i sør og sørvest.

I en høyde av 75 m over flyplassnivå er det kun liten skjerming av terreng og vegetasjon, og skjermingen er minst for den nordlige delen av rullebanen.

Fet, 223 m o.h., 150-330°.

Det utvalgte området ligger på Paståsen, 3 km østsørøst for Fetsund, 400-800 m sørvest for Hvalstjern (187 m o.h.). Nordlige rullebaneende ligger 1 km sør for vannet Heia (182 m o.h.). 1-2 km sør og sørøst for planlagt flyplass ligger Råsåkhøgda-Kinnåsen (308-319 m o.h.). Avstanden til Øyeren er 3 km i sørvest og 5-6 km i sørlig retning.

Strålingsbetinget tåke eller lave tåkeskyer over Glomma/Øyeren (101 m o.h.) kan drive inn over flyplassen ved et vinddrag fra vest eller nordvest.

Kinnåsen i sør ligger 80 m høyere enn planlagt rullebanenivå. Flyplassen vil således være godt skjermet mot adveksjonståke fra denne retning. I sørvest er ikke den lokale skjermingen fra Råsåkhøgda like effektiv, men fjernskjermingen fra 250-300 m høyt Østmarka-terreng, i en avstand av 12 km, antas å ha en kompensierende betydning.

I forhold til eksponerte områder i høydenivå 223 m vil det planlagte flyplassområdet i Fet være betydelig skjermet mot adveksjonståke og lave tåkeskyer opp til høydenivå 75 m over flyplassen. Opp mot 150 m over flyplassen er det ingen skjerming.

Nesodden, 110 m o.h., 050-230°.

Det utvalgte området ligger rett vest for Knappelsåsen (152 m o.h.), 2-3 km øst for Fagerstrand. Det er ca 3 km til Hallangspollen i sør.

Lokalt er det ingen skjerming mot Oslofjorden i sektoren sør - vest. Strålingsbetinget tåke og lave tåkeskyer i fjorden vil således lett komme innover flyplassområdet med et vinddrag i nevnte sektor.

I en smal sektor omkring sør er det ingen skjerming, og adveksjonståke og lave tåkeskyer vil drive inn over flyplassen. På østsiden av Drøbaksundet er det noen åser over 120 m, som kan gi litt skjerming. Hurumlandet har store områder med høyder over 200-250 m og skjerner småflyplassen mot skyer fra sørvest. Men en må regne med at lave tåkeskyer sør og sørøst for Hurumlandet kan drive inn Drøbaksundet, fordi sørvest vind, ved stabil temperatursjiktning, har en tendens til å bli styrt i sørlig retning opp til flyplassnivå.

Det er tvilsomt om Hurumlandet har noen stor skjermingseffekt for områdene øst for Oslofjorden, med hensyn til de lavestliggende tåkeskyer.

Vormsund/Fenstad, 160 m o.h., 180-360°.

Det utvalgte området ligger mellom riksveiene 2 og 177, 1 km sørsørvest for Vormsund, rett øst for Kvernberget (189 m o.h.). Vorma og Glomma (122 m o.h.) renner i en bue rundt flyplassen fra nord til sørøst til sørvest. Korteste avstand til Vorma er 1 km og til Glomma 3 km.

Strålingsbetinget tåke over Vorma og Glomma kan drive inn over flyplassen, og den kan bli berørt av strålingståke dannet over det til dels åpne flatlandet omkring.

Området er delvis skjermet av skogbevokste åser i sørvest og sør, hhv. Bøleråsen-Holtfjellet-Egneråsen (252-277-263 m o.h.) i en avstand av 5-10 km og på sørøstsiden av Glomma: Korpåsen-Tandbergfjellet (278-276 m o.h.) i en avstand av 8-12 km. Eventuell adveksjonståke vil være mer tradisjonell type med transport av mild, fuktig luft som avkjøles over kaldere innland. Ren skytåke i høydenivå 160 m forekommer ikke på nordsiden av Gjelleråsen.

Åsene i Østmarka øst for Oslo og åsrekken nord for Oslo-Lørenskog-Fetsund, som har høyder over 250 m, skjerner flyplassalternativene i Nes kommune opp til høyde 75 m over rullebanen, til dels også opp til høyde 150 m.

Heberg/Gulltjernmosen, 150 m o.h., 140-320°.

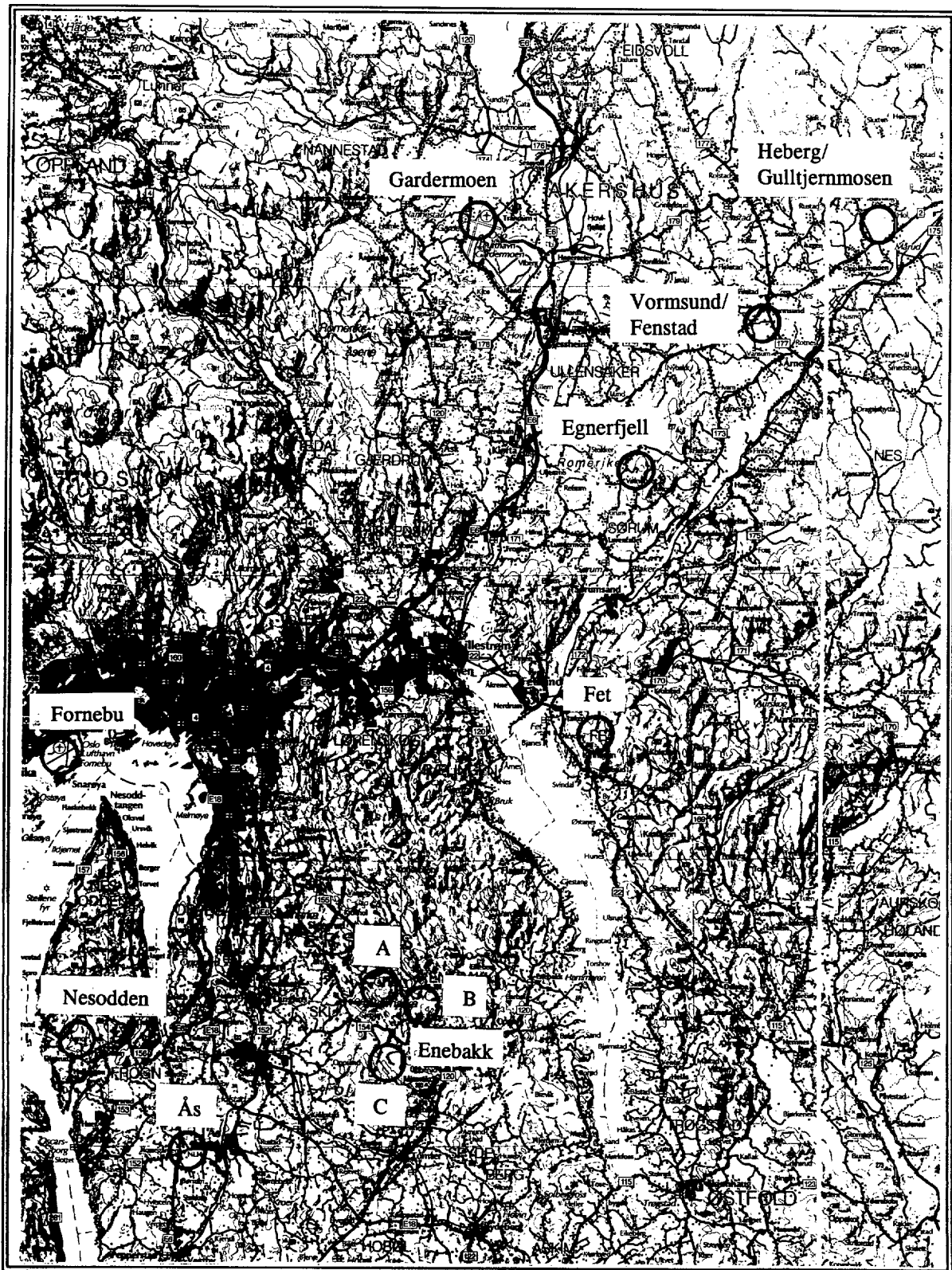
Det utvalgte området ligger 3 km nordnordøst for Heberg ved Fundifossen (Glomma) og ca 3 km øst for elva Ua, som renner ut i Glomma ved Uvesund.

Strålingsbetinget tåke over Glomma kan drive inn over flyplassen, og den kan bli berørt av strålingståke dannet over Gulltjernmosen og andre åpne områder. Det er ellers noe blandingskog i området.

Adveksjonståke og lave tåkeskyer berører dette alternativet i omtrent samme grad som alternativet Vormsund/Fenstad.



**Figur 2.1a.**  
 Beliggenheten for småflyplass-alternativene/sørvest og aktuelle værstasjoner.



**Figur 2.1b.**  
*Beliggenheten for småflyplass-alternativene/nordøst og aktuelle værstasjoner.*

### 2.3. Tåke og lave tåkeskyer generelt for området.

Strålingståke dannes når stillestående luft avkjøles til sin duggpunktstemperatur på grunn av sterk utstråling til verdensrommet. En betingelse for å få til dette er at luften på forhånd er blitt tilført tilstrekkelig fuktighet. Oslofjorden, vann og myrområder før de fryser til og elver som går åpne, er fuktighetskilder for slik tåketype.

Om slik tåke ikke dannes på stedet, kan den drive med svak vind fra en nærliggende fuktighetskilde inn over stedet. Vi snakker da om strålingsbetinget tåke. All tåke som dannes i klarvær ved vindstille eller bare svak vind, vil vi her betegne som strålingsbetinget tåke.

De aktuelle flyplass-alternativer vil i forskjellig grad være utsatt for strålingsbetinget tåke. Nøyaktig omfang av slik tåke kan bare avdekkes ved målinger.

Adveksjonståke er her en samlebetegnelse for 1) lavt skydekke som driver inn over og innhyller høyereliggende områder, 2) fuktige luftmasser som kondenserer skydråper på grunn av hevning mot høyereliggende terreng (orografisk effekt), 3) dråpekondensasjon på grunn av avkjøling inn over kaldere underlag.

I det aktuelle området vil slik tåke hovedsaklig forekomme ved transport av fuktige luftmasser, tåke eller lavtliggende skydekke, i en sektor S-SSV.

I forbindelse med nedbør over Østlandet kan det være en del lave tåkeskyer i området ved vind i sektoren N-SØ.

### 2.4. Generelle vindforhold.

Vindstatistikk (Appendiks B) viser at fremherskende vindretning i det aktuelle området ligger i sektor S-SV. I den sørvestre del av småflyplass-området vil høyereliggende, eksponerte områder ha mer sørvestlig vind og noe høyere vindhastighet (Rygge, Spydeberg Varde), mens koller i det nordvestre området, som er noe skjermet av barskog i sørvest, vil ha mer sørlig vind og betydelig lavere vindhastighet (Egnerfjell).

Det blåser omtrent like ofte i sektor N-NØ.

På nordøstsiden av høyereliggende terreng vil det være skjerming for vind fra sørvest. Mye av den svake vinden vil da ventelig blåse oftere fra sørøstlig kant, parallelt med lengderetningen for terrenget.

Frekvenstabellene viser forøvrig at Rygge og Spydeberg Varde i ca 20% av tiden har vindhastigheter over 5 m/s ( $\geq 4$  Beaufort), mens Egnerfjell og Gardermoen kommer over denne vindhastigheten i hhv. 3 og 11% av tiden.

### 3. VÆRSTASJONER OG DATAGRUNNLAG

For regularitetsestimatene er brukt sikt- og skyhøydedata fra værstasjonene Rygge, Fornebu og Gardermoen. I tillegg er brukt siktdata fra de nedlagte værstasjonene Ås og Egnerfjell, begge nedlagt i 1988. Siktobservasjonene er visuelle, basert på siktmerker i forskjellig avstand fra stasjonen. Skyhøydeobservasjonene er delvis instrumentelle observasjoner.

En kvalitetskontroll av siktdata fra Ås og Egnerfjell avdekket to homogenitetsbrudd i datarekken for Ås og ett for Egnerfjell, som har ført til at det er brukt en noe kortere dataserie for disse stasjonene. Se tabell 3.1. Stasjonene har fulgt vanlig observasjonspraksis for klimastasjoner ved å inndele tåketettheten i 4 intervaller (se Appendiks A). Av denne grunn er tåkestatistikken for Rygge, Fornebu og Gardermoen også presentert slik, til tross for en finere inndeling for disse stasjonene.

For å få en enhetlig observasjonspraksis av lave tåkeskyer med observerbar skyhøyde, har vi valgt ut perioden 1965-92 (2, App.B1).

For en vurdering av vindforholdene er brukt vindstatistikk for Rygge, Egnerfjell og Gardermoen. Her er vindretning og vindstyrke fra Egnerfjell observert skjønnsmessig etter vindfløy og Beaufort-skala. De to andre stasjonene har instrumentelle data.

**Tabell 3.1.**

*Oversikt over data fra DNMI's værstasjoner, som er brukt i rapporten.*

VÆRSTASJON (H O.H)	METEOROLOGISK PARAMETER	ANTALL OBS. PER DØGN	TIDSROM
0478 Gardermoen (202 m)	sikt skyhøyde vind	4	1965-92 " 1957-92
0487 Egnerfjell (247 m)	sikt vind	4	1960-88 "
1715 Rygge (50 m (rulleb.))	sikt skyhøyde vind	4	1965-92 " 1957-92
1785 Ås (95 m)	sikt	3	1968-80
1940 Fornebu (10 m)	sikt skyhøyde	4	1965-92 "

I tillegg til tradisjonelle værstasjonsdata er benyttet siktmålingsdata fra Hurum- og Gardermoen-prosjektet og vindmålingsdata fra Spydeberg Varde (ca 250 m o.h.).

For Enebakk er brukt økonomisk kartverk i målestokk 1:10000 og ekvidistanse 5 m. For de andre alternativene er brukt kart i M711-serien, med målestokk 1:50000 og ekvidistanse 20 m. Det er noen små uoverensstemmelser i høydeangivelsene for de to karttypene.

## 4. VISUELLE DATA OG REGULARITET

### 4.1. Visuell sikt og rullebanesikt.

Regularitetsestimatene skal bygge på følgende krav til rullebanesikt: i) RVR=800 m og ii) RVR=1500 m.

Det er ønskelig å se disse kravene i forhold til synsvidde eller visuell meteorologisk sikt (MVR). Man kan lettest oppnå dette ved først å beregne meteorologisk optisk rekkevidde (MOR). Vi benytter da følgende likning fra (3, App.E3):

$$MOR = \frac{RVR \cdot \ln \epsilon}{\ln\left(\frac{RVR^2 \cdot E_t}{I_{RVR}}\right)} \quad (4.1)$$

Typiske verdier for bakgrunnslys om natten er 1 cd/m<sup>2</sup> og om dagen 1000-2000 cd/m<sup>2</sup> i tåke (3, kap.4.6). Kontrastterskelen,  $\epsilon=0.05$ .

i) Rullebanelysintensitet,  $I_{RVR=800}$  antas å være ca 5000 cd. Om natten er øyets lysterskel,  $E_t=10^{-6.7}$  og om dagen  $10^{-4.5} - 10^{-4.2}$ . Om natten vil da MOR være lik 230 m og om dagen 440-500 m.

ii) Rullebanelysintensitet,  $I_{RVR=1500}$  antas å være ca 4000 cd. For samme verdier av  $E_t$  som ovenfor vil MOR om natten være lik 500 m og om dagen 1100-1350 m.

Teoretisk er forholdet MVR/MOR  $\approx 1.3$ . I praksis kan man sette MVR/MOR  $\approx 2$  om natten og 1.4 om dagen (upublisert undersøkelse for Gardermoen). Forskjellen skyldes at man opererer med en kontrastsynsvidde om dagen og en lysvidde om natten. Her bruker vi en tilnærmet middelvei mellom dagslys og mørke, og MVR/MOR settes til 1.7.

For en statistisk behandling av visuelle siktdata er det tilstrekkelig å regne med at RVR=800 m svarer til MVR=500 m og RVR=1500 m svarer til MVR=1000 m. Se forøvrig kap.3 om observasjonspraksis og kap.5.2 om usikkerhet ved en slik tilnærming.

#### 4.1.1. Gardermoen, Fornebu og Rygge.

Av tabellene i Appendiks A får vi følgende frekvenser av hhv. RVR < 800 m og RVR < 1500 m: Gardermoen 2.6 og 4.7%, Fornebu 1.0 og 1.8%, Rygge 2.7 og 4.4%. Dette betyr at RVR < 800 m utgjør 55-60% av RVR < 1500 m.

Det er hovedsaklig tåke uten nedbør og tåke med yr, som gir bidrag til ovenfor nevnte frekvenser. Snøvær har bidratt med, hhv. for RVR < 800 m og RVR < 1500 m: Gardermoen 0.05% og 0.3%, Fornebu 0.02% og 0.1%, Rygge 0.03% og 0.2%.

Snøvær gir altså et minimalt bidrag til  $RVR < 800$  m og bare 0.1-0.3% til  $RVR < 1500$  m. Dette bidraget er så lite at vi ser bort fra det i den videre behandling.

At Fornebu har mindre tåkehypighet enn de to andre flyplassene skyldes at Fornebu hovedsaklig har strålingsbetinget tåke, mens de to andre også har et betydelig innslag av adveksjonståke (1). I (3) er vist at ca 55% av tåketilfellene på Gardermoen skyldes strålingsbetinget tåke, dvs.  $4.7\% \cdot 0.55 = 2.6\%$ . De øvrige tilfelle skyldes adveksjonståke: 2.1%.

Adveksjonståke er sjelden på Fornebu, dels på grunn av den lave høyden over havet, dels på grunn av skjermingen fra Hurumlandet og Nesodden.

Med utgangspunkt i de 3 stasjonene vil vi anta at strålingsbetinget tåke ( $RVR < 1500$  m) forekommer i 2-2.5% av tiden, både nær Oslofjorden og i områder som er utsatt for slik tåke. Adveksjonståke vil ha omtrent samme hyppighet, både i 50 m-nivå nær Oslofjorden og i 200 m-nivå på Romerikssletta.

#### 4.2. Skyhøyde 75 m/150 m over referansenivå.

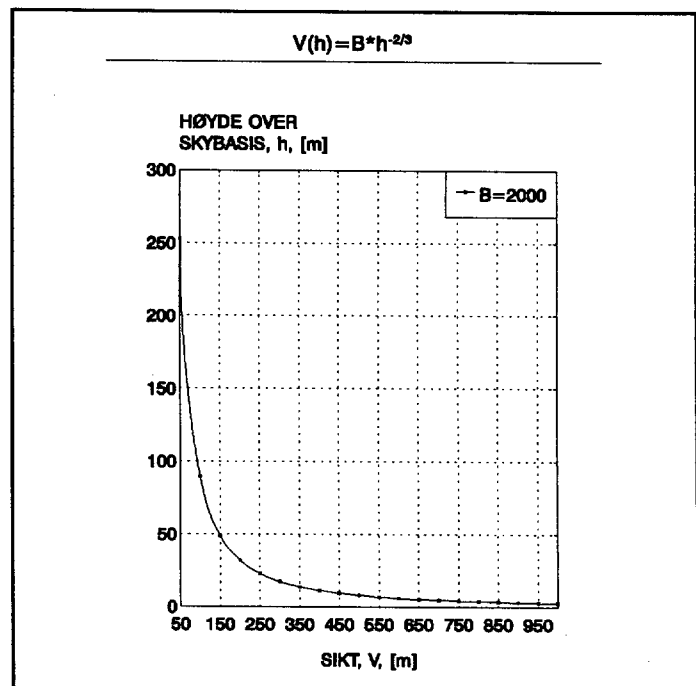
Fra (4) har vi følgende sammenheng mellom sikt i skyer,  $V$ , og høyde over skybasis,  $h$ :

$$V(h) = B \cdot h^{-2.5} \quad (4.2)$$

$B$  er en konstant som her settes til 2000 (5). En grafisk fremstilling av denne sammenhengen er vist i figur 4.1.

**Figur 4.1.**

*Siktendring i skyer med høyde over skybasis.*



Vi ser at allerede 10 m over skybasis er sikten redusert til under 500 m. Med den usikkerhet som ligger i delvis visuelle skyhøydeobservasjoner, kan vi for observert skyhøydenivå regne med at muligheten for visuell kontakt med flyplassen ikke er til stede.

#### 4.2.1. Gardermoen, Fornebu og Rygge.

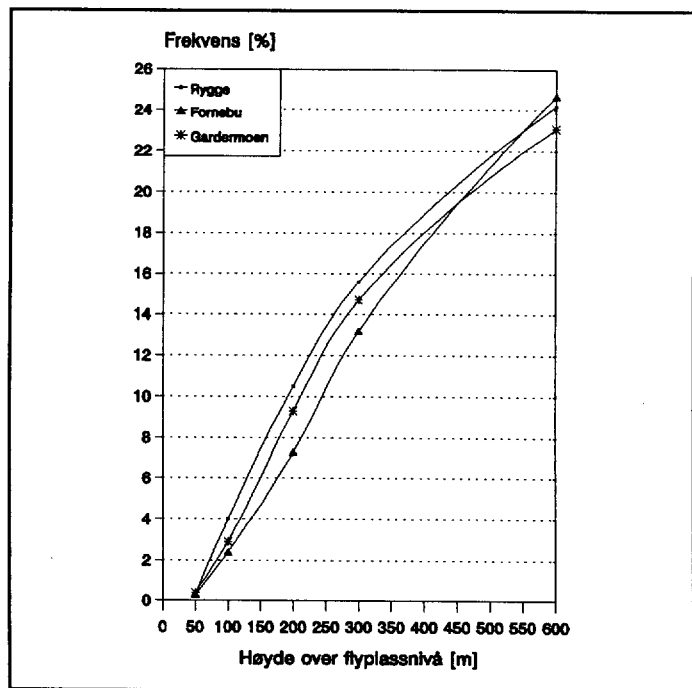
Vi vil i kap. 4.2.1-4 komme inn på bruk av skyhøydestatistikk fra værstasjonene Gardermoen, Fornebu og Rygge, og se hvordan denne, sammen med antatt fordeling av strålingståke og adveksjonståke (kap.4.1.1), kan forklare frekvensen av observert tåke på stasjonene Ås og Egnerfjell, og estimert tåke på Hobøl. Resultatene vi kommer frem til underveis danner grunnlaget for en metodikk, som vi bruker på regularitetsestimaterne for småflyplasser i Oslo-området.

#### Skyhøyde over flyplassnivå.

Tabellene i Appendiks A gir skyhøydestatistikk for Gardermoen, Fornebu og Rygge. I figur 4.2 er vist skyhøydekurver opp til 600 m for de tre stasjonene i forhold til eget flyplassnivå.

**Figur 4.2.**

Akkumulert frekvens av skyer, med mengde  $N_H \geq 5$ , over flyplassnivå for Rygge, Fornebu og Gardermoen, for tidsrommet 1965-92. Skyer som ligger på bakken (tåke), er ikke medregnet.



Figuren viser følgende frekvenser av skyer med mengde,  $N_H \geq 5/8$ , og observerbar skyhøyde,  $H < 75$  og  $H < 150$  m: Gardermoen 1.6 og 6.0%, Fornebu 1.3 og 4.7%, Rygge 2.2 og 7.5%. NB! Strålingståke og adveksjonståke er ikke med i disse tall, siden observasjoner av tåke ikke har veldefinert skyhøyde ( $H = /$ ).

Vi legger merke til at Rygge har større frekvens enn Fornebu av lave skyer opp til høyde 550 m over flyplassen. En del av forskjellen skyldes ulik høyde over havet, en del at

Fornebu har en betydelig terrengskjerming i forhold til Rygge. Gardermoen ligger også over Fornebu opp til høyde 450 m over flyplassen, men ca 1% under Rygge. Gardermoen har en betydelig skjerming for lave tåkeskyer fra Oslofjorden, men har likevel en lokal skyhøydekurve som ligger mellom Fornebus og Rygges i den nedre delen. Vi kan i denne forbindelsen si at Rygge representerer en uskjermet beliggenhet, mens Fornebu og Gardermoen representerer en noe skjernet beliggenhet.

Figuren viser at frekvensen av skyer under høyde 75 m er ca 1.5% for skjernet område, ca 2% for uskjermet område. For skyer under høyde 150 m over flyplassnivå er frekvensen ca 5-6% for skjernet område, 8% for uskjermet område.

For de tre flyplassene ville vi tilnærmet fått følgende regularitet for hhv. i)  $RVR \geq 800$  m,  $H \geq 75$  m og ii)  $RVR \geq 1500$  m,  $H \geq 150$  m: i) Gardermoen 96%, Fornebu 98%, Rygge 95%. ii) Gardermoen 89%, Fornebu 93%, Rygge 88%.

Fornebu skiller seg ut med høyere regularitet enn de to andre flyplassene vesentlig pga. lavere hyppighet av synsvidde (MVR) under hhv. 500 og 1000 m. Som vi har sett skyldes dette den lave høyde over havet og terrengskjerming fra Hurumlandet og Nesodden. Det er trolig denne skjermingen som også gir Fornebu en mindre frekvens av lave tåkeskyer.

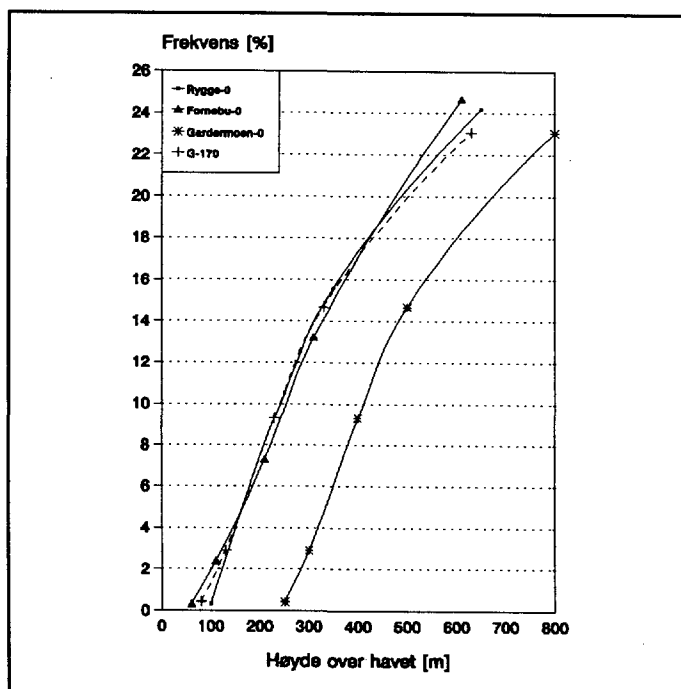
Skjerming fra fjernterreng kan ha stor betydning for frekvenser av tåke og lave tåkeskyer.

Skyhøyde over havets nivå.

Figur 4.2 viste skyhøydekurver over lokalt flyplassnivå. Vi kan også fremstille disse i forhold til havnivå. Dette er gjort i figur 4.3.

**Figur 4.3.**

Akkumulert frekvens av skyer, med mengde  $N_H \geq 5$ , over havets nivå for Rygge, Fornebu og Gardermoen, for tidsrommet 1965-92. G-170 viser Gardermoen-kurven for et tenkt nullnivå på 170 m. Skyer som ligger på bakken (tåke), er ikke medregnet.



Figuren viser at skyhøydekurvene for Fornebu og Rygge er nær sammenfallende med et avvik på  $\leq 1\%$  for skyhøyder fra 150 til 500 m. Vi ser også at skyhøydekurven for Gardermoen har tilnærmet samme form som de to andre og ved en nullpunktsforskyvning ligger nær de to andre opp til 400 m. Vi presiserer at strålingståke og adveksjonståke fortsatt ikke er medregnet. Det fiktive nullpunktet for Gardermoen blir 170 m o.h., som ser ut til å være en typisk høyde på Romerikssletta.

Ved å behandle strålingståke og adveksjonståke for seg, kan skyhøydekurvene fra Gardermoen, Fornebu eller Rygge benyttes for alle småflyplass-alternativer, ved å velge et passende referansenivå.

#### 4.2.2. Ås.

Værstasjonen Ås (95 m o.h.) ligger 8 km nord for Vestby-alternativet.

Forholdet  $MVR < 500m / MVR < 1000m$  er 0.63 for Ås og 0.61 for Rygge. Det er således godt samsvar mellom observasjoner av tett og mindre tett tåke mellom de to stasjonene.

For perioden 1968-80 har Rygge en frekvens av sikt under 500 m/1000 m på 2.8/4.6%, mens Ås har 3.2/5.1%. Skyhøydestatistikk for Rygge viser en frekvens på 0.3% av skyer under høyde 50 m over flyplassen. Dette gir et bidrag på 0.3% for  $MVR < 1000$  m og 0.2% ( $0.3\% \cdot 0.63$ ) for  $MVR < 500$  m. I høydenivå 100 m o.h. får man da en tåkefrekvens på 3.0/4.9%, som ligger svært nær det som er observert for Ås.

For Ås og tilsvarende eksponerte områder nær Oslofjorden, kan vi benytte sikt- og skyhøydestatistikk for Rygge, til bestemmelse av flyplassregularitet for planleggingsformål.

*Man må regne med en usikkerhet ved bruk av skyhøydekurven. Denne vurderes som liten for Vestby og Nesodden. Vi setter referansehøyden til 10 m  $\pm$  10 m.*

#### 4.2.3. Egnerfjell.

Værstasjonen Egnerfjell ligger 16 km nord for Fet-alternativet og 13 og 21 km sørvest for Nes-alternativene.

Egnerfjell har en observasjonshøyde på ca 250 m og en frekvens av sikt under 500 m/1000 m på 3.3/7.8%. Forholdet mellom frekvensene er 0.42. Dette tyder på en uttynning av tåke/skyer i forhold til de stasjonene vi hittil har drøftet.

Vi har tidligere funnet at strålingsbetinget tåke opptrer i ca 2% av tiden på årsbasis (side 11). All slik lavlandståke vil ikke gi tåke på høyereliggende åser, men det finnes ikke data til å tallfeste et slikt bidrag nøyaktig. For beregningsformål vil vi sette frekvensen av strålingståke på Egnerfjell til 50% av Gardermoen (side 11):  $0.5 \cdot 2.6\% = 1.3\%$ . Adveksjonståkebidraget settes likt med Gardermoen: 2.1%. Lavlandståkebidraget (strålingståke + adveksjonståke) for Egnerfjell blir da:  $1.3 + 2.1\% = 3.4\%$ . Til den totale tåkefrekvensen for stasjonen, vil så bidraget fra skyer bli 4.4% (7.8-3.4%), som på skyhøydekurven for Gardermoen (G-170)

tilsvarer en høyde på 160 m. Dette gir et referansenivå på 90 m (250-160 m).

Det ser ut til at bruk av skyhøydekurver med et realistisk nullpunkt og en antatt hyppighet av lavlandståke, kan gi et brukbart estimat for frekvenser av skyer og sikt for småflyplassalternativene i innlandet i Oslo-området.

*For Fet-alternativet tenker vi oss Øyeren (ca 100 m o.h.) som et realistisk referansenivå for bruk av skyhøydekurven for Gardermoen. Dette gir et skybidrag på 4.2% i 250 m-nivå. Lavlandståkebidraget settes til 3.5% ( $\approx 7.8-4.2\%$ ).*

#### 4.2.4. Hobøl.

DNMI har tidligere utredet værmessig tilgjengelighet for en flyplass 190 m o.h. på Hobøl (2). Denne lokaliteten var meget eksponert for adveksjonståke. Vi kom der frem til en ståkefrekvens på  $7 \pm 1\%$ .

For beregningsformål vil vi, som i kap. 4.2.3, sette frekvensen av strålingståke på Hobøl til ca 50% av Rygges (side 11), dvs. ca 1%. Adveksjonståkebidraget settes likt med Rygges: 2.4% (4.4-2%). Lavlandståkebidraget (strålingståke + adveksjonståke) for Hobøl blir da:  $1 + 2.4\% = 3.4\%$ . Til den totale ståkefrekvensen for stasjonen, vil så bidraget fra skyer bli 3.6%, som på skyhøydekurven for Rygge tilsvarer en høyde på 145 m. Dette gir et referansenivå på 45 m.

Vi kan tolke variasjonene i referansenivå som et uttrykk for en uttynning av nedre del av skylaget for lave ståkeskyer, ved transport innover land, slik at skybasis hever seg gradvis i forhold til havets nivå. Uttynningen skyldes intersepsjon på terreng og vegetasjon. Avstanden til Oslofjorden, som representerer 0-nivået, og områder med høyereliggende terreng (her 200-300 m o.h.) blir da avgjørende for referansenivået.

Enebakk ligger ca 20 km nord for Hobøl. Området er noe skjermet av Gaupesteinsmarka. Dette vil føre til en reduksjon i ståke-/skyfrekvens ved vind fra sør. Vi antar at referansenivået for skyhøydekurven ligger omtrent midt mellom det som er funnet for Hobøl og Fet.

Strålingståkebidraget antar vi er tilnærmet likt med Hobøls: ca 1%. Adveksjonståkebidraget settes til 2% (litt redusert pga. større avstand til kysten).

*For Enebakk-alternativene vil vi bruke middelet av skyhøydekurvene for Fornebu og Rygge, med et referansenivå på 75 m. Lavlandståkebidraget settes til 3% i eksponert flyplassnivå.*

### 4.3. Betydningen av skjerming fra nærterreng og vegetasjon.

Bruk av skyhøydekurver forutsetter uskjermet eksponering. De forskjellige flyplass-alternativene har ulik grad av skjerming, fra liten skjerming for Vestby-alternativet (sammenliknet med Rygge) til betydelig skjerming for Fet-alternativet. En slik skjerming er vanskelig å tallfeste og representerer en usikkerhet for regularitetsestimaterne.

Vi skal vise et eksempel på hvordan skjerming av nærterreng slår ut på tåkefrekvensen for en lokalitet i 250 m-nivå i forhold til en eksponert lokalitet i samme nivå:

Det ble foretatt siktmålinger på Hurum i et eksponert 350-nivå (Stikkvannskollen),  $E_{350}$ , og bare noen få hundre meter unna i et skjernet 250 m-nivå (Stikkvann),  $S_{250}$ , i tidsrommet 1989-90. I perioden september 1989 - april 1990 ble det foretatt samtidige målinger.

For  $MOR < 700 \text{ m} \approx MVR < 1000 \text{ m}$  finner man for denne perioden: Frekvenser av observert  $MOR < 700 \text{ m}$  (sep.1989-apr.90):  $S'_{250}/E'_{350} = 10.0/26.4 = 0.379$ . Av skyhøydekurven for Rygge finner man tilnærmet frekvenser av  $MVR < 1000 \text{ m}$  (1965-92):  $E_{350}/E_{250} = 15.6/10.5 = 1.486$ . Frekvensene hver for seg er ikke sammenlignbare på grunn av ulik tidsperiode og ulik del av året. Vi antar imidlertid at forholdet mellom frekvensene i forskjellig høydenivå er tilnærmet upåvirket av periode. Ved å multiplisere disse sammen får man eksponeringsgraden,  $S_{250}/E_{250} = 0.56$ .

Frekvensen av  $MVR < 1000 \text{ m}$  for skjernet beliggenhet i 250 meters høyde på Hurum, utgjør 56% av tilsvarende frekvens ved eksponert beliggenhet i samme høyde. For  $MVR < 500 \text{ m}$  blir eksponeringsgraden 47%. Skjermingen har altså noe større virkning på tett tåke enn på mindre tett tåke.

På Hurum finner vi at eksponeringsgraden for en skjernet beliggenhet i 250 m-nivå (Stikkvann) er tilnærmet 50%. Vi definerer skjermingsgrad som 1 minus eksponeringsgrad. Her blir det:  $1 - 0.50 = 0.50$ .

Vi vil for de forskjellige flyplass-alternativene vurdere skjermingsgraden til å ligge mellom 0 (tilsvarende Rygge) og 50%. Forholdet mellom  $RVR < 800 \text{ m}$  og  $RVR < 1500 \text{ m}$  avtar med grad av fjernskjerming og settes til 0.6 nær Oslofjorden, 0.5 i Enebakk og 0.4 i Fet.

## 5. REGULARITETSESTIMAT FOR SMÅFLYPLASS-ALTERNATIVER

### 5.1. Forutsetningene for regularitetsestimatet.

Regulariteten for stasjonene er avhengig av frekvenser av meteorologisk sikt under 500 m/1000 m (tåkebidrag) og skyhøyde under 75 m/150 m over flyplassnivå (skybidrag). Regularitetsestimatene bygger i hovedsak på vurderinger som er gjort i kap.4. Hovedtrekkene for disse er:

- a) Skyhøydestatistikk for stasjonene Gardermoen, Fornebu og Rygge er basert på observasjoner av skyer med skymengde,  $N_H \geq 5/8$ , der skyhøyden, H, er høyden opp til de laveste skyene. Strålingståke og adveksjonståke på stasjonene er ikke medregnet.
- b) Strålingståkebidraget for stasjonene ovenfor er 2-2½%, adveksjonståkebidraget av samme størrelsesorden. Strålingståkebidraget vil imidlertid avhenge av fuktighetskilden og nærhet til denne. Bidraget avtar med høyden over et visst nivå, avhengig av "normal" tykkelse på tåkelaget. Strålingståkebidraget for eksponerte høyder i ca 100 meters høyde over fuktighetskilden, settes til 1-2%, etter individuell vurdering. Summen av bidragene fra strålingståke og adveksjonståke kalles lavlandståkebidraget (LTB).
- c) Skybidraget finnes av skyhøydekurver. For stasjonene Gardermoen, Fornebu og Rygge har kurvene omtrent samme form. Ved valg av hensiktsmessig referansenivå blir kurvene nær sammenfallende. Skjerming fører til avsetning av fuktighet på underlaget (intersepsjon) og uttynning av den nedre del av skylaget. Dette kan forklare at referansenivået øker med avstanden til Oslofjorden. Vi opererer med referansenivåer fra 10 til 125 m.
- d) I forhold til eksponert høydenivå foretas en individuell vurdering av lokal skjerming (nærterreng og vegetasjon). Vi bruker her en skala fra 0 til 50% skjerming, dvs. en eksponeringsgrad på 100-50%.
- e) Forholdet mellom frekvenser av  $MVR < 500$  m og  $MVR < 1000$  m settes til 0.6 for alternativene Vestby, Nesodden og Nes, 0.5 for Enebakk og 0.4 for Fet.

#### 5.1.1. Vestby, Nesodden.

Referansenivå for bruk av skyhøydekurven for Rygge er havnivå. Siden laveste nivå på skyhøydekurven er 100 m o.h., interpolerer/ekstrapolerer vi mellom frekvensene for Rygge og Ås for å finne lavlandståkebidraget. Tåkefrekvensen for Rygge er 4.4%, for Ås, normalisert til perioden 1965-92: 4.9%. Høydeforskjellen mellom Rygge og Ås er 45 m. Lavlandståkebidraget,  $MVR < 1000$  m, for hhv. eksponert 80 m-nivå og 110 m-nivå blir da 4.7 og 5.1%. Tilsvarende frekvenser for  $MVR < 500$  m blir  $4.7\% \cdot 0.6 = 2.8\%$  og  $5.1 \cdot 0.6 = 3.1\%$ .

Vestby er litt skjermet mot strålingsbetinget tåke fra vest, ellers lite skjermet av terreng, men noe skjermet av vegetasjon i jevnhøyt terreng. For Vestby settes skjermingsgrad 20% for fly-

plassnivå, 0 for høydeintervallet 0-150 m over flyplassen.

**Nesodden** er som vi har sett noe skjermet av høyereliggende terreng på Hurumlandet i sørvest og ved Drøbak i sør. Vi setter skjermingsgrad 10% for flyplassen og for intervallet 0-150 m over flyplassen.

Skybidraget for eksponert 75 m-nivå og 150 m-nivå finnes av skyhøydekurven for Rygge, med bruk av eksponeringsgrad.

Et detaljert eksempel på konsekvensene av de enkelte vurderinger for regularitetsestimater er vist for alternativ Enebakk A og ellers i Appendiks C.

For Vestby og Nesodden får vi følgende regularitetsestimater:

<b>Vestby</b>	<b>i) 94%</b>	<b>ii) 88%</b>
<b>Nesodden</b>	<b>i) 93%</b>	<b>ii) 87%</b>

### 5.1.2. Enebakk.

Vi bruker middelet av skyhøydekurven for Fornebu og Rygge, med referansenivå 75 m. Lavlandstakebidraget, er satt til 3% (kap.4.2.4).

For A settes skjermingsgrad til 10% i flyplassnivå, 0 i høydeintervallet 0-150 m. For B og C settes 40% i flyplassnivå, 20% i intervallet 0-75 m og 0 for 75-150 m.

Vi gjennomfører en detaljert konsekvensanalyse for alternativ A. For de andre alternativene henvises til Appendiks C. Her presenteres kun sluttresultatet.

Eksponert 225 m-nivå: 150 m på skyhøydekurven gir 4.1%. MVR < 1000 m blir:  $4.1 + 3\%$  (LTB) = 7.1%. Skjerming gir RVR < 1500 m:  $7.1\% \cdot 0.9 = 6.4\%$ . RVR < 800 m:  $6.4\% \cdot 0.5 = 3.2\%$ .

Høydeintervallet 0-75 m over flyplassen: 150-225 m på skyhøydekurven gir 8.6-4.1% = 4.5% (ingen skjerming).

Høydeintervallet 75-150 m over flyplassen: 225-300 m på skyhøydekurven gir 13.0-8.6% = 4.4% (ingen skjerming).

$RVR < 800 \text{ m} + H < 75 \text{ m} = 3.2 + 4.5\% = 7.7\%$

$RVR < 1500 \text{ m} + H < 150 \text{ m} = 6.4 + 4.5 + 4.4\% = 15.3\%$

For Enebakk får vi følgende regularitetsestimater:

<b>Enebakk A</b>	<b>i) 92%</b>	<b>ii) 85%</b>
<b>Enebakk B</b>	<b>i) 95%</b>	<b>ii) 90%</b>
<b>Enebakk C</b>	<b>i) 95%</b>	<b>ii) 89%</b>

### 5.1.3. Fet.

Vi bruker skyhøydekurven for Gardermoen, med referansenivå 100 m. Lavlandståkebidraget er satt til 3.5% (kap.4.2.3).

Flyplassområdet er godt skjermet mot tåke fra sør og vest. Skjermingsgrad settes til 50% i flyplassnivå, 40% i høydeintervallet 0-75 m og 10% for 75-150 m.

For Fet får vi følgende regularitetsestimater (se Appendiks C):

<b>Fet</b>	<b>i) 96%</b>	<b>ii) 90%</b>
------------	---------------	----------------

### 5.1.4. Nes.

Vi bruker skyhøydekurven for Gardermoen. Referansenivå for Egnerfjell ble satt til 90 m. For Gardermoen har vi tidligere funnet referansenivå 170 m. Siden fjernskjermingseffektene er antatt større for Nes enn for Egnerfjell, setter vi referansenivået til 125 m  $\pm$  25 m. På grunn av nærhet til Glomma/Vorma og liten høydeforskjell til fuktighetskilden (30-40 m) settes lavlandståkebidraget tilnærmet likt med Gardermoens: 4.5%.

Flyplassområdet har liten eller ingen lokal skjerming. Vi setter skjermingsgraden til 0 i flyplassnivå og i høydeintervallet 0-150 m.

For Fet får vi følgende regularitetsestimater (se Appendiks C):

<b>Nes</b>	<b>i) 96%</b>	<b>ii) 89%</b>
------------	---------------	----------------

## 5.2. Usikkerhet.

All usikkerhet er vurdert i forhold til perioden 1965-92.

I 5.1.b-e er listet opp de vurderinger som er lagt til grunn for regularitetsestimaterne. Vi tenker oss følgende usikkerheter:

- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| b) Strålingståkebidrag:   | $\pm 0.5\%$   |
| c) Referansenivå:         | $\pm 10-25$ m |
| d) Lokal skjerming:       | $\pm 10\%$    |
| e) MVR < 500m/MVR < 1000m | $\pm 0.1$     |

Disse bidrar til regularitetsestimaterne med følgende ca-verdier:

- |                           |             |
|---------------------------|-------------|
| b) Strålingståkebidrag:   | $\pm 0.5\%$ |
| c) Referansenivå:         | $\pm 1-3\%$ |
| d) Lokal skjerming:       | $\pm 0.5\%$ |
| e) MVR < 500m/MVR < 1000m | $\pm 0.5\%$ |

I tillegg er det en usikkerhet i forholdet mellom MVR og RVR. Data fra Gardermoen-prosjektet viser at for 1991 var forholdet  $RVR < 1500 \text{ m} / MVR < 1000 \text{ m} \approx 1$ , mens forholdet  $RVR < 800 \text{ m} / MVR < 650 \text{ m} \approx 1$ . Dette tyder på at bruk av  $MVR < 1000 \text{ m}$  har gitt et godt estimat for regulariteten ved type ii), mens bruk av  $MVR < 500 \text{ m}$  har gitt litt for høye verdier for type i). Måledataene fra Gardermoen viser imidlertid at dersom tidsperioden kl.07-23 legges til grunn, er det godt samsvar mellom  $MVR < 500 \text{ m}$  og  $RVR < 800 \text{ m}$ . Men da får vi litt lavt regularitetsestimert ved type ii). For Gardermoen gir dette et utslag på mindre enn 1%. Vi tar hensyn til denne usikkerheten i den totale vurderingen.

Usikkerheten i referansenivå bidrar både til tåkefrekvensen i flyplassnivå og til skyhøydefrekvensen 75/150 m over flyplassen. Denne usikkerheten gir det største bidraget til den totale usikkerheten, opp til høydenivå 75 m.

Den totale usikkerhet for regularitetsestimertene, type i), vurderes til 2-3%. Usikkerheten er vurdert å være minst for alternativene Vestby og Nesodden, størst for Enebakk. For type ii) er usikkerheten antagelig litt høyere.

### 5.3. Konklusjon.

En samlet oversikt over regularitetsestimertene for de forskjellige småflyplass-alternativene er gitt i tabell 5.1.

**Tabell 5.1.**

*Regularitetsestimert for småflyplass-alternativer i Oslo-området.*

ALTERNATIV (HØYDE O. H.)	i) RVR > 800 m H > 250 ft	ii) RVR > 1500 m H > 500 ft
Vestby (80 m)	94%	88%
Enebakk A (225 m)	92%	85%
Enebakk B (175 m)	95%	90%
Enebakk C (200 m)	95%	89%
Fet (223 m)	96%	90%
Nesodden (110 m)	93%	87%
Vormsund/Fenstad (160 m)	96%	89%
Heberg/Gulltjernmosen (150 m)	96%	89%

Den totale usikkerheten for regularitetstype i) er relativt stor, 2-3%. Usikkerheten er vurdert å være minst for alternativene Vestby og Nesodden, størst for Enebakk. For regularitetstype ii) er usikkerheten antagelig litt større enn for type i).

Tabellen viser at samtlige alternativer, med unntak av Enebakk A og Nesodden, har estimert regularitet, type i) lik 94-96%. For type ii) er den estimerte regularitet 88-90%. Til sammenlikning har Rygge og Gardermoen hhv. 95/88% og 96/89%.

Det ser ut til at regulariteten bedrer seg med avstanden fra Oslofjorden og er høyest der lokalt terreng og tett vegetasjon skjermer for lave tåkeskyer og tåke fra nærliggende fuktighetskilder. Men usikkerheten i regularitetsestimaterne er såvidt stor at forskjellene mellom Vestby, Enebakk B og C, Fet og Nes ikke er helt sikker.

## 6. VIND- OG TURBULENSFORHOLD

Det er ikke mulig å gi en detaljert utredning av vind- og turbulensforhold for de enkelte flyplass-alternativer uten representative målinger. Oversikten nedenfor er en vurdering av hvilke værstasjoner som antas å ligge nærmest opptil hvert alternativ og terrengets betydning for evt. vindskjær/turbulens.

Vestby og Nesodden.  
-----

Det ventes vindforhold omtrent som for Rygge (Tabell B1). Det er ikke høyereliggende terrenget omkring flyplassene og turbulens av betydning ventes ikke.

Enebakk.  
-----

Alternativ A ventes å ha en vindretningsfordeling omtrent som for Rygge (Tabell B1), men med en liten reduksjon i vindhastigheten. Det ventes ingen turbulens av betydning.

Alternativ B ventes å ha vindforhold omtrent som for Egnerfjell (Tabell B4). Bjerklands-høgda, ved nordre baneende, rager 50 m over banen og kan gi litt turbulens, spesielt ved vind i sektor NØ-SØ, hhv. ved avgang og landing. Forøvrig ventes ikke turbulens av betydning.

Alternativ C ligger nord for Teigåsen-Gaupesteinåsen, nordvest for Mjærskogkollen. Dette er terreng som rager 50-100 m over flyplassnivå i en avstand av <1-3 km. Området er bevokst med barskog. Dette vil prege vindforholdene. Vindretningsfordelingen i 10 m-nivå på flyplassen blir ubestemmelig på grunn av stor hyppighet av svake vinder. Ved relativt sterk vind fra sør i høyde med åsdragene må en regne med vindskjær og en nedadrettet vindkomponent over flyplassen. Dette kan gi noe turbulens. Ved østavind kan Mjærskogkollen gi turbulens ved avgang.

Fet.  
-----

Flyplassen er planlagt nord for Kinnåsen, som rager 75-95 m over rullebanenivå. Vindforholdene vil i stor grad være influert av dette høydedraget, som har lengderetning sørøst-nordvest. Vindretningsfordelingen vil ligne på Egnerfjells (Tabell B4), men med en noe større hyppighet av svake vinder fra sørøst. Med relativt sterk vind fra sør og sørvest må en regne med at vinden i 10 m-nivå på flyplassen blir relativt svak sørøstlig. Det vil da bli et vindskjær mellom bakkevinden og vinden i høyde med Kinnåsen. Samtidig må en også

regne med at vinden på lesiden av åsen har en nedadrettet komponent. En må således regne med noe turbulens ved vind i sektor S-V.

Nes.

----

Vindretningsfordelingen ventes omtrent som for Gardermoen (Tabell B3), men vindhastigheten blir trolig noe redusert på grunn av større friksjon mot sør og sørvest. Det ventes ingen turbulens av betydning.

## 7. REFERANSER

1. Vebjørn Hoem og Petter Dannevig:  
Tåkeforholdene på norske flyplasser.  
Det norske meteorologiske institutt  
Technical Report No.57  
Oslo 1982
2. Lars Andresen, Knut Harstveit og Per Ove Kjensli:  
Hobøl - Værmessig tilgjengelighet for en flyplass 190 m over havet.  
DNMI-rapport 12/92 KLIMA  
16.mars 1992
3. Lars Andresen og Per Ove Kjensli:  
Gardermoen - Værmessig tilgjengelighet.  
DNMI-rapport 22/92  
10.juli 1992
4. Knut Harstveit, Lars Andresen, Bjørn Aune, Margareth Hansen og Per Ove Kjensli:  
Hurum - Værmessig tilgjengelighet for en flyplass 290 m o.h.:  
DNMI-rapport 11/90  
23.april 1990
5. Yngvar Gjessing, Arvid Skartveit, Kåre Utaaker:  
Vurdering av sikt- og vindforhold på Hurumåsen.  
Meteorological report series  
Universitetet i Bergen  
Rapport nr.1-1990

# **APPENDIKS**

## APPENDIKS A. SIKT- OG SKYHØYDESTATISTIKK

Tabell A2.

Sikt- og skyhøydestatistikk for Rygge (1965-92).

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av horisontal synsvidde og høyde opp til de laveste skyene.

H er skyhøyden. Hvis mengden av skyer gitt med H er mindre enn 5/8, kan observasjonen finnes under NH&lt;5. VV er synsvidde. Antall observasjoner : 40908.

VV	H	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 200 m	200 - 300 m	300 - 600 m	> 600 m	NH<5	MANGL. SKYH.	TOTAL
0-50 m		0.0						0.0	0.0	0.0
50-200 m								0.0	0.6	0.6
200-500 m		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.8	2.1
500-1000 m		0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	1.7
1-2 km		0.1	0.9	0.4	0.1	0.1	0.0	0.2	0.9	2.6
2-4 km		0.1	1.4	1.6	0.6	0.4	0.1	0.6	0.6	5.6
4-10 km		0.0	1.0	3.3	2.5	2.7	1.5	3.6	0.1	14.7
10-20 km		0.0	0.1	0.9	1.3	2.4	2.0	5.2	0.0	11.9
20-50 km		0.0	0.0	0.3	0.6	2.4	3.4	13.5		20.2
>50 km				0.0	0.1	0.7	3.7	36.0		40.6
TOTAL		0.3	3.7	6.5	5.1	8.6	10.8	59.8	5.2	100.0

Tabell A2.

Sikt- og skyhøydestatistikk for Fornebu (1965-92).

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av horisontal synsvidde og høyde opp til de laveste skyene.

H er skyhøyden. Hvis mengden av skyer gitt med H er mindre enn 5/8, kan observasjonen finnes under NH&lt;5. VV er synsvidde. Antall observasjoner : 40908.

VV	H	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 200 m	200 - 300 m	300 - 600 m	> 600 m	NH<5	MANGL. SKYH.	TOTAL
0-50 m								0.0	0.0	0.0
50-200 m								0.0	0.2	0.2
200-500 m		0.0	0.0				0.0	0.1	0.6	0.8
500-1000 m		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.8
1-2 km		0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.6
2-4 km		0.1	0.8	1.2	0.6	0.3	0.0	0.3	0.9	4.1
4-10 km		0.1	0.8	2.7	3.2	3.8	0.9	1.8	0.3	13.7
10-20 km		0.0	0.1	0.6	1.2	3.6	2.0	3.4	0.0	11.0
20-50 km		0.0	0.0	0.2	0.7	2.8	3.9	9.7	0.0	17.6
>50 km		0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	6.9	42.3		50.3
TOTAL		0.3	2.1	4.9	5.9	11.5	14.0	57.7	3.5	100.0

**Tabell A3.**

Sikt- og skyhøydestatistikk for Gardermoen (1965-92).

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av horisontal synsvidde og høyde opp til de laveste skyene.

H er skyhøyden. Hvis mengden av skyer gitt med H er mindre enn 5/8, kan observasjonen finnes under NH &lt; 5. VV er synsvidde. Antall observasjoner : 40755.

VV	H	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 200 m	200 - 300 m	300 - 600 m	> 600 m	NH < 5	MANGL. SKYH.	TOTAL
0-50 m								0.0	0.0	0.0
50-200 m		0.0				0.0		0.0	0.4	0.5
200-500 m		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	2.1
500-1000 m		0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.6	2.1
1-2 km		0.1	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	1.4	2.4
2-4 km		0.2	1.1	1.9	0.8	0.6	0.2	0.3	1.4	6.4
4-10 km		0.1	0.8	3.6	3.1	3.6	2.1	2.1	0.2	15.4
10-20 km		0.0	0.1	0.4	0.9	2.0	2.3	3.8	0.0	9.5
20-50 km		0.0	0.0	0.2	0.4	1.6	4.5	11.0	0.0	17.7
> 50 km		0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	6.0	37.0		43.8
TOTAL		0.4	2.5	6.4	5.4	8.4	15.1	54.8	6.9	100.0

**Tabell A4.**

Siktstatistikk for Ås (1968-80).

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av horisontal synsvidde. Antall observasjoner : 14247.

VV	TOTAL
0-50 m	0.0
50-200 m	1.5
200-500 m	1.7
500-1000 m	1.9
1-2 km	7.1
2-4 km	13.7
4-10 km	11.3
10-20 km	11.1
20-50 km	14.0
> 50 km	37.6
TOTAL	100.0

**Tabell A5.**

Siktstatistikk for Egnerfjell (1960-88).

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av horisontal synsvidde. Antall observasjoner : 42248.

VV	TOTAL
0-50 m	0.1
50-200 m	0.7
200-500 m	2.5
500-1000 m	4.5
1-2 km	4.6
2-4 km	5.1
4-10 km	10.0
10-20 km	14.6
20-50 km	24.5
> 50 km	33.3
TOTAL	100.0

## APPENDIKS B. VINDSTATISTIKK

Tabell B1.

Vindstatistikk for Rygge (1957-92). Antall observasjoner : 52596.

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av vindretning, DD [grader], og vindstyrke, F [Beaufort].

DD	F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
350-010			3.9	4.1	3.7	1.7	0.2	0.0	0.0			13.6
020-040			3.1	3.5	3.3	1.5	0.1	0.0	0.0			11.6
050-070			1.7	1.8	1.7	0.5	0.0					5.9
080-100			1.2	1.5	1.3	0.3	0.0					4.3
110-130			1.8	1.8	1.4	0.5	0.0	0.0				5.5
140-160			1.6	2.5	1.8	0.7	0.1	0.0	0.0			6.7
170-190			1.4	2.9	3.9	3.3	0.7	0.1	0.0			12.4
200-220			1.0	3.2	5.9	5.2	1.2	0.2	0.0	0.0		16.5
230-250			0.8	1.7	1.9	0.9	0.1	0.0				5.4
260-280			0.7	1.0	0.8	0.4	0.1	0.0				3.0
290-310			0.9	1.1	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0			3.4
320-340			1.6	1.6	1.3	0.7	0.1	0.0	0.0			5.3
TOTAL		6.3	19.8	26.8	27.8	16.2	2.8	0.4	0.0	0.0		

Tabell B2.

Vindstatistikk for Fornebu (1957-92). Antall observasjoner : 52596.

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av vindretning, DD [grader], og vindstyrke, F [Beaufort].

DD	F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
350-010			5.2	2.2	1.6	0.6	0.1	0.0				9.6
020-040			3.7	3.4	2.7	0.9	0.0					10.8
050-070			2.1	2.3	2.1	0.7	0.0					7.1
080-100			1.6	1.4	0.8	0.2	0.0					4.0
110-130			2.0	1.7	0.8	0.2	0.0					4.6
140-160			1.4	1.6	0.9	0.2	0.0	0.0				4.2
170-190			2.3	3.1	3.8	2.4	0.3	0.0	0.0			11.9
200-220			2.1	1.8	1.8	1.3	0.1	0.0				7.1
230-250			2.7	1.1	0.5	0.4	0.1	0.0				4.8
260-280			2.7	1.0	0.6	0.4	0.1	0.0				4.8
290-310			2.6	1.2	0.9	0.4	0.1	0.0				5.1
320-340			3.3	1.4	0.9	0.4	0.0	0.0				6.0
TOTAL		20.0	31.6	22.2	17.3	8.0	0.8	0.1	0.0			

## B2

Tabell B3.

Vindstatistikk for Gardermoen (1957-92). Antall observasjoner : 52443.

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av vindretning, DD [grader], og vindstyrke, F [Beaufort].

DD	F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
350-010			4.5	3.8	3.2	1.7	0.2	0.0				13.5
020-040			4.4	5.7	4.0	1.2	0.1	0.0				15.3
050-070			2.3	2.1	0.9	0.2	0.0					5.5
080-100			1.6	1.2	0.6	0.1	0.0					3.7
110-130			1.7	1.5	0.8	0.3	0.0					4.3
140-160			1.6	2.0	1.5	0.5	0.0					5.7
170-190			2.6	4.6	4.8	2.7	0.3	0.0	0.0			15.0
200-220			1.8	2.4	3.2	2.1	0.3	0.0				9.7
230-250			1.1	1.0	0.8	0.3	0.0	0.0				3.1
260-280			1.0	0.7	0.6	0.3	0.1	0.0				2.7
290-310			1.6	1.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0			3.8
320-340			2.6	1.8	0.9	0.4	0.1	0.0				5.8
TOTAL		11.9	26.9	27.9	22.0	10.0	1.2	0.1	0.0			

Tabell B4.

Vindstatistikk for Egnerfjell (1960-88). Antall observasjoner : 42248

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av vindretning, DD [grader], og vindstyrke, F [Beaufort].

DD	F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
350-010			4.6	2.0	0.7	0.2	0.1	0.0				7.7
020-040			10.0	3.4	0.7	0.2	0.0	0.0				14.3
050-070			5.3	1.3	0.2	0.0	0.0					6.8
080-100			5.7	1.3	0.3	0.1	0.0					7.3
110-130			3.9	1.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0			5.9
140-160			7.6	2.7	0.8	0.2	0.1	0.0	0.0			11.4
170-190			9.5	4.5	2.0	0.7	0.3	0.1	0.0			17.2
200-220			4.1	2.0	0.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0		7.3
230-250			2.6	1.2	0.3	0.1	0.0					4.3
260-280			3.3	1.1	0.3	0.1	0.0	0.0				4.7
290-310			2.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0				2.6
320-340			3.0	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0			4.3
TOTAL		6.3	61.6	22.2	6.9	2.0	0.8	0.2	0.0	0.0		

Tabell B5.

Vindstatistikk for Spydeberg Varde (mai 1971-april 1972). Antall observasjoner : 1390.

Gjennomsnittlig årsfrekvens [%] av vindretning, DD [grader], og vindstyrke, F [Beaufort].

DD	F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
350-010			0.5	2.7	1.7	0.6	0.1					7.7
020-040			0.6	2.4	2.7	0.6	0.3					14.3
050-070			1.3	4.2	5.2	1.6	0.1	0.1				6.8
080-100			1.5	3.6	3.3	1.2	0.1	0.1				7.3
110-130			0.4	2.5	2.1	0.7	0.4	0.1				5.9
140-160			0.1	1.2	1.0	0.1						11.4
170-190			0.1	2.4	1.9	0.5	0.1					17.2
200-220			0.4	2.8	7.1	4.0	0.9	0.1				7.3
230-250			0.5	2.9	6.9	5.8	1.7	0.1				4.3
260-280			0.3	1.9	2.2	0.9	0.3					4.7
290-310			0.4	1.2	2.7	1.0	0.9	0.1				2.6
320-340				1.7	1.9	0.8	0.1					4.3
TOTAL		2.3	6.1	29.5	38.7	17.8	5.0	0.6				



**Enebakk B.**

Eksponert 175 m-nivå: 100 m på skyhøydekurven gir 1.2%. MVR < 1000 m:  $1.2+3\%$  (LTB) = 4.2%. Skjerming gir RVR < 1500 m:  $4.2\% \cdot 0.6 = 2.5\%$ . RVR < 800 m:  $2.5\% \cdot 0.5 = 1.3\%$ .

Høydeintervallet 0-75 m over flyplassen: 100-175 m på skyhøydekurven gir  $5.7-1.2\% = 4.5\%$ . Skjerming gir  $4.5\% \cdot 0.8 = 3.6\%$ .

Høydeintervallet 75-150 m over flyplassen: 175-250 m på skyhøydekurven gir  $10.1-5.7\% = 4.4\%$  (ingen skjerming).

$RVR < 800\text{ m} + H < 75\text{ m} = 1.3+3.6\% = 4.9\%$

$RVR < 1500\text{ m} + H < 150\text{ m} = 2.5+3.6+4.4\% = 10.5\%$

**Regularitetsestimater for Enebakk B**            i) 95.1%            ii) 89.5%

**Enebakk C.**

Eksponert 200 m-nivå: 125 m på skyhøydekurven gir 2.6%. MVR < 1000 m:  $2.6+3\%$  (LTB) = 5.6%. Skjerming gir RVR < 1500 m:  $5.6\% \cdot 0.6 = 3.4\%$ . RVR < 800 m:  $3.4\% \cdot 0.5 = 1.7\%$ .

Høydeintervallet 0-75 m over flyplassen: 125-200 m på skyhøydekurven gir  $7.2-2.6\% = 4.6\%$ . Skjerming gir  $4.6\% \cdot 0.8 = 3.7\%$ .

Høydeintervallet 75-150 m over flyplassen: 200-275 m på skyhøydekurven gir  $11.6-7.2\% = 4.4\%$  (ingen skjerming).

$RVR < 800\text{ m} + H < 75\text{ m} = 1.7+3.7\% = 5.4\%$

$RVR < 1500\text{ m} + H < 150\text{ m} = 3.4+3.7+4.4\% = 11.5\%$

**Regularitetsestimater for Enebakk C**            i) 94.6%            ii) 88.5%

**Fet.**

Eksponert 223 m-nivå: 123 m på skyhøydekurven gir 2.6%. MVR < 1000 m:  $2.6+3.5\%$  (LTB) = 6.1%. Skjerming gir RVR < 1500 m:  $6.1\% \cdot 0.5 = 3.1\%$ . RVR < 800 m:  $3.1\% \cdot 0.4 = 1.2\%$ .

Høydeintervallet 0-75 m over flyplassen: 123-198 m på skyhøydekurven gir  $7.5-2.6\% = 4.9\%$ . Skjerming gir  $4.9\% \cdot 0.6 = 2.9\%$ .

Høydeintervallet 75-150 m over flyplassen: 198-273 m på skyhøydekurven gir  $12.1-7.5\% = 4.6\%$ . Skjerming gir  $4.6\% \cdot 0.9 = 4.1\%$ .

$RVR < 800\text{ m} + H < 75\text{ m} = 1.2+2.9\% = 4.1\%$

$RVR < 1500\text{ m} + H < 150\text{ m} = 3.1+2.9+4.1\% = 10.1\%$

**Regularitetsestimater for Fet**            i) 95.9%            ii) 89.9%

Nes.

De to alternativene Vormsund/Fenstad og Heberg/Gulltjernmosen har en høydeforskjell på 10 m og omtrent samme skjermingsforhold. Disse blir derfor behandlet under ett, med høyde over havet lik 155 m.

MVR < 1000 m: 4.5%. RVR < 1500 m: 4.5% (ingen skjerming). RVR < 800 m:  $4.5\% \cdot 0.6 = 2.7\%$ .

Høydeintervallet 0-75 m over flyplassen: 30-105 m på skyhøydekurven gir  $1.5-0\% = 1.5\%$  (ingen skjerming).

Høydeintervallet 75-150 m over flyplassen: 105-180 m på skyhøydekurven gir  $6.1-1.5\% = 4.6\%$  (ingen skjerming).

$RVR < 800 \text{ m} + H < 75 \text{ m} = 2.7 + 1.5\% = 4.2\%$

$RVR < 1500 \text{ m} + H < 150 \text{ m} = 4.5 + 1.5 + 4.6\% = 10.6\%$

**Regularitetsestimater for Nes**

**i) 95.8%**

**ii) 89.4%**